

‘쓰가루’ 사과의 연화에 따른 세포벽성분의 변화와 펙틴 및 중성다당류의 가용화와 분해

최 철·강인규^{1*}

경북대학교 농업생명과학대학 식물생명과학부, ¹상주대학교 환경원예학과

Received June 29, 2006 / Accepted July 21, 2006

Changes in Cell Wall Components, and Solubilization and Depolymerization of Pectin and Neutral Sugar Polymers during Softening of ‘Tsugaru’ Apples. Cheol Choi and In-Kyu Kang¹. *Division of Plant Biosciences, Department of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National Univ., Daegu 702-701, Korea, ¹Dept. of Environmental Horticulture, Sangju National Univ., Sangju 742-711, Korea* – This study was carried out to investigate changes in cell wall components and solubilization and depolymerization of pectin and neutral sugar polymers during softening of ‘Tsugaru’ apples. Pectic polysaccharides were solubilized in different solvents, distilled-water, 0.05 M CDTA, 0.05 M Na₂CO₃, and 8 M KOH, from cell wall materials during fruit softening. The uronic acid contents in distilled-water fraction rapidly increased along with fruit softening at 4 weeks after ambient storage. In the change of non-cellulosic neutral sugars in the cell wall of ‘Tsugaru’ fruits, the major sugar was galactose and arabinose in distilled-water, 0.05 M CDTA and 0.05 M Na₂CO₃ soluble fractions, and it was glucose, galactose and xylose in 8 M KOH fraction. Especially the change of galactose contents in distilled-water fraction was increased greatly along with fruit softening. When uronic acid polymers (UAP) and carbohydrate polymers (CP) in distilled-water fraction were filtered and separated using Sepharose CL-2B column, the high molecular UAP and CP were degraded to the low molecular ones from at harvest to softening fruit. Thus, the amount of high molecular polymers were greatly decreased along with fruit softening.

Key words – Apple, cell wall, uronic acid, non-cellulosic neutral sugar, fruit softening

서 론

우리나라 조생종 사과의 대표적 품종인 ‘쓰가루’는 품질은 우수하나 수확후 저장력이 급격히 저하되는 문제가 있어 생리적인 성숙기가 8월 하순임에도 불구하고 대부분의 농가에서는 7월 하순에서부터 미성숙과실을 조기수확하므로써 과실 특유의 상품가치를 떨어뜨리고 있고 수확 직후에 바로 출하하므로써 저장을 기피하고 있다. 과실의 연화는 세포벽을 구성하고 있는 펙틴질의 주사슬인 rhamnogalacturonan과 결사슬인 중성당 polymer들로서 구성되어 있으며, 펙틴질의 분해는 주사슬인 galacturonan이나 결사슬인 중성당 polymer들이 효소적으로 또는 비효소적으로 절단됨으로써 일어나는 것으로 알려져 있지만[14], 다른 한편으로는 과실의 연화에는 효소에 의한 펙틴의 분해보다도 펙틴의 가용화 정도가 더 중요하다는 보고도 있다[10,22]. 그러므로 과실 연화 기작의 해명을 위해서는 펙틴의 가용화 정도와 관련이 깊은 pectic polymer들의 분자량이 과실의 성숙과 연화의 진행에 따라 어떻게 달라지는 지에 관한 연구가 필요하다. 그러나 지금까지 많은 연구들은 과실의 성숙과 연화과정에서 이미 가용화된 펙틴의 구성성분과 함량에 큰 관심을 가져왔으며, 펙틴의 구조적 변화와 밀접한 관련이 있는 pectic polymer들

의 크기의 변화에 관한 연구는 많지 않다[5,14,23]. 지금까지 과실의 연화는 과육 세포벽으로부터 galactosyl 잔기가 감소하면서 세포내에는 free galactose가 증가하게 되고[11,17], 이 같은 현상은 galactosyl기를 가진 세포벽 고분자들이 β -galactosidase에 의하여 가수분해된 결과 세포벽의 분해가 일어나는 것으로 추정하고 있다[1,15,16].

따라서 본 연구에서는 과실의 연화가 심한 ‘쓰가루’ 사과의 저장동안에 일어나는 세포벽성분들의 변화와 펙틴 및 중성다당류의 가용화와 분해 정도를 규명하므로써 과실의 연화 기작을 밝히는 기초자료를 제공코저 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

‘쓰가루’ (*Malus domestica* cv ‘Tsugaru’) 과실은 8월 20일에 수확하여 상온저장하였다. 저장조건은 온도 20±2℃에서 1개월동안 저장하면서 1주일 간격으로 시료를 채취하여 과피를 제거한 후 -80℃의 냉동고에 동결시켜 실험재료로서 사용하였다.

과실의 저장기간별 경도, 가용성고형물 및 산 함량

과실 경도는 fruit tester (FT011, Italy, Φ 8 mm plunger)를, 가용성고형물 함량은 Atago 디지털 굴절당도계 (DBX-55, Japan)를 사용하여 측정하였고, 산 함량은 0.1 N NaOH로 적정하여 사과산으로 환산하여 표시하였다.

*Corresponding author

Tel : +82-54-530-5232, Fax : +82-54-530-5239

E-mail : ikkang@sangju.ac.kr

세포벽물질의 조제

세포벽물질의 추출은 Yamaki 등[24]이 행한 방법을 이용하였다. 즉, '쓰가루' 과실로부터 과피를 제거한 과육 100 g에 80% 에탄올 250 mL를 가하여 균질화한 후 80℃에서 10분간 가열처리하여 효소를 불활성화시켰다. 그리고 80% 에탄올로 3회 여과, 세척한 후 동결건조한 것을 세포벽물질 (alcohol insoluble substance: AIS)로 하였다.

세포벽물질의 분획

Redgwell 등[18]이 행한 방법에 준하여 세포벽물질 1 g으로부터 펙틴 및 헤미셀룰로스를 증류수, 0.05 M 1,2-diaminocyclohexane tetra acetate (CDTA), 0.05 M Na₂CO₃ 및 8 M KOH를 사용하여 각각의 용매에 의하여 추출된 세포벽물질들을 분획하였다. 각각의 분획들은 증류수로 투석하고 동결건조하여 분석시료로 이용하였다.

펙틴질의 정량

Ben-Aire 등[2]의 방법에 준하였고, 펙틴의 정량은 carbazole 비색법[3]으로 실시하였다. 함량은 표준물질인 galacturonic acid를 사용, 검량선에 의해 산출하였다.

세포벽 비섬유성 중성당의 조성 및 정량

각 세포벽 다당류의 비섬유성 중성당의 정량은 Blakeney 등[4]의 방법에 따라 실시하였다. 중성당은 Hewlett Packard 5890 model gas chromatograph [column: capillary column SP-2380 (30 m×0.53 mm), injection temp.: 270℃, column temp.: 220℃, detector temp.: 270℃, carrier gas: He 24.5 ml/min.]로 측정하였으며, 표준단당류에 해당하는 alditol acetate의 chromatogram과 비교한 후 internal standard인 myo-inositol과의 비율에 의해 각각의 함량을 구하여 mol%로 환산하였다.

세포벽 물질들의 가용화와 분해

Water 가용성 펙틴은 20 mg의 시료를 사용하여 Sepharose CL-2B (2.3×99 cm) column에 주입하여 분획하였다. 이때 column은 0.125 M NaCl을 함유한 0.05 M sodium acetate buffer (pH 6.0)로 평형시켰으며, 유속은 18 ml/h로 하여 각 fraction 당 3 ml씩 분획하였다. 각 fraction용액에 존재하는 uronic acid polymers는 carbazole 비색법[3]으로, 그리고 중성당 polymers는 phenol-sulfuric acid방법[9]으로 측정하였다. Gel 여과에 따른 다당류의 분자량은 표준 dextran (MW 2,000, 515, 73, 40 및 10 kDa)과 비교하여 측정하였다.

결과 및 고찰

과실의 경도, 가용성 고형물 및 산 함량 변화

'쓰가루' 사과와 상온저장에서는 과실의 연화가 진행되면

서 경도가 3.17 kg에서 저장 4주 후에는 1.03 kg으로 급격히 감소되었다. 가용성 고형물 함량은 12.60에서 14.30으로 다소 증가하는 경향을 보였고, 산 함량은 0.29%에서 0.21%로 감소되었다(Table 1). 이는 과실이 저장기간이 길어질 수록 과실의 연화가 급격히 진행되었음을 알 수가 있다.

각종 용매에 의하여 분획된 uronic acid (UA)의 함량변화

과실의 연화단계별로 조제된 각각의 세포벽물질 (alcohol insoluble substance : AIS)을 사용하여 펙틴분획인 증류수, 0.05 M CDTA, 0.05 M Na₂CO₃ 가용성 물질, hemicellulose 분획인 8 M KOH 가용성물질 및 불용성물질로 분획한 후 UA함량의 변화를 조사하였다(Table 2). 일반적으로 AIS의 대부분은 세포벽물질인 것으로 알려져 있고[20], 또한 증류수나 CDTA분획에서 가용화된 다당류들은 주로 세포벽의 중층에서 기인된 것이며, Na₂CO₃ 분획에서 가용화된 다당류들은 주로 일차세포벽에서 유리되어 나온 것이라고 하였다[7]. 증류수 가용성 분획에서는 UA함량이 수확기에는 0.19 mg에서 저장 4주후에는 0.63 mg으로 급격히 증가하였다. 이는 과실의 연화가 진행되면서 세포벽 중층 및 일차세포벽을 구성하는 펙틴이 세포벽과의 결합력이 약화된 상태로 존재하고 있었기 때문에 증류수에 의해 많은 양이 용출된 것으로 생각되며, 사과[6]와 감[15] 과실에서도 과실의 연화가 진행되면서 UA의 함량이 증가된다고 하였다. CDTA 가용성분획

Table 1. Changes in fruit qualities of 'Tsugaru' apple fruits during ambient storage

Storage periods (weeks)	Flesh firmness (kg/φ 8 mm)	Soluble solids (°Brix)	Acidity (%)
At harvest	3.17 d ^{a)}	12.60 a	0.29 b
1	2.54 c	12.80 a	0.27 b
2	2.05 b	13.23 b	0.23 a
3	1.80 b	13.33 b	0.21 a
4	1.03 a	14.30 c	0.21 a

^{a)}Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, p=0.05.

Table 2. Changes in contents of uronic acid of cell wall extracted from 100 g of 'Tsugaru' apple fruits during ambient storage

Storage periods (weeks)	Uronic acid (mg/20 mg-soluble materials)				
	H ₂ O	CDTA	Na ₂ CO ₃	8 M KOH	Residue
At harvest	0.19±0.05 ^{a)}	0.19±0.03	0.50±0.03	0.03±0.02	0.18±0.03
1	0.32±0.06	0.16±0.02	0.67±0.04	0.10±0.03	0.15±0.02
2	0.60±0.05	0.13±0.03	0.74±0.05	0.11±0.02	0.14±0.02
3	0.64±0.06	0.14±0.03	0.80±0.04	0.15±0.02	0.13±0.01
4	0.63±0.05	0.11±0.02	0.63±0.03	0.19±0.02	0.11±0.02

^{a)}Datas are average of 3 replications.

에서는 UA 함량이 감소하는 경향을 보이는 것은 증류수 가용성 분획에서 이미 많은 양이 용출되었기 때문으로 생각된다. Na₂CO₃ 가용성 분획에서의 UA 함량은 큰 변화를 보이지 않았다. Hemicellulose 성분을 구성하고 있는 8 M KOH 분획에서는 과실의 저장기간이 길어질 수록 UA 함량이 증가되었는데 이는 펙틴이 분해되면서 세포벽과의 결합력이 약화된 polyuronide polymer들이 용출되면서 증가한 것으로 추정되며, 그리고 cellulose 성분을 구성하고 있는 잔사에서 그 함량이 감소된 것은 과실의 연화가 진행되면서 이미 펙틴 물질의 분획에서 pectin polymer들의 상당량이 가용화되거나 분해되었기 때문으로 추정이 된다. 이는 감 과실 연화시 세포벽분해효소인 polygalacturonase 활성이 증가하면서 펙틴의 가용화가 진행되었고[7,21], 키위 과실에서도 수확후 에틸렌을 처리했을 때 과실의 연화가 촉진되면서 세포벽성분인 pectin polymer들의 분해가 일어났다[18]는 보고와 동일한 결과를 보이고 있다. 그러나 토마토의 경우 성숙이 진행됨에 따라 세포벽에서의 펙틴물질과 hemicellulose의 함량들이 감소하였다[12]는 보고와 다소 상이한 결과를 보이는 것은 과실들이 가지고 있는 과실 성숙 특성이 다르기 때문으로 생각되어진다.

비섬유성 중성당의 함량 변화

저장기간에 따라 ‘쓰가루’ 사과와 세포벽물질로부터 증류수, 0.05 M CDTA, 0.05 M Na₂CO₃, 8 M KOH 및 불용성물질을 사용하여 이들 용매에 가용성인 물질들과 불용성물질을 분획하여 각각의 중성당 함량을 조사하였다. 측정된 중성당들은 rhamnose, arabinose, galactose, glucose, xylose 및 mannose로서 이들의 함량변화는 다음과 같다. ‘쓰가루’ 과실의 water 가용성물질에서는(Table 3), 주요 구성당은 galactose, arabinose 및 glucose로 이루어져 있었고, arabinose 및 glucose의 함량은 다소 감소하는 경향을 보였으나 galactose의 함량은 과실의 연화가 진행되면서 증가하는 경향을 보인 것은 과실의 연화가 진행되면서 세포벽으로부터 많은 양의 galactose가 가용화되거나 분해된 것으로 추정이 된다.

Table 3. Changes in non-cellulosic neutral sugar contents of water-soluble material (WSM) extracted from cell wall materials of ‘Tsugaru’ apple fruits during ambient storage

Storage periods (weeks)	Non-cellulosic neutral sugars (10 mg-WSM)					
	Rha ^{a)}	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc
	(mol%)					
At harvest	3.37	25.93	5.45	3.43	28.58	33.24
1	3.28	32.94	9.66	2.08	29.92	22.14
2	4.33	28.09	10.65	2.57	34.84	19.50
3	7.96	24.42	8.52	3.14	37.12	16.50
4	8.22	20.59	7.50	4.37	42.91	16.41

^{a)}Rha, Rhamnose; Ara, Arabinose; Gal, Galactose; Glc, Glucose; Xyl, Xylose; Man, Mannose

Chun[6]과 Kang 등[15]은 사과와 감과실에서 연화가 진행되면서 세포벽으로부터 galactose가 유리되면서 그 함량이 증가된다고 한 보고와 동일한 결과를 보였다.

CDTA 가용성물질(Table 4)에서 주요 구성당은 역시 galactose, arabinose 및 glucose로 이루어져 있었다. 그리고 과실의 연화가 진행되면서 galactose의 함량은 감소하는 경향을 보였고, arabinose는 저장 3주까지 증가하다가 4주째 감소하는 현상을 보였다. 특히 galactose의 함량이 감소하는 현상을 보인 것은 water 가용성 분획에서 과실의 연화가 일어나면서 이미 많은 양이 세포벽으로부터 가용화되었기 때문으로 생각이 된다.

Na₂CO₃ 가용성물질은(Table 5) CDTA 가용성물질과 마찬가지로 주로 펙틴으로부터 유래하는 것으로 추정되며, 주요 구성당은 arabinose와 galactose로 이루어져 있었고, 그 함량의 변화도 CDTA 가용성물질과 비슷한 경향을 보였다. 따라서 ‘쓰가루’ 과실은 중성당들이 세포벽으로부터 유리됨으로써 복잡한 세포벽의 구조를 느슨하게 하여 과실의 연화를 촉진시키는 요인으로 작용한 것으로 추정되며, 특히 water 가용성물질에서 galactose의 함량이 증가된 것으로 보아 galactose

Table 4. Changes in non-cellulosic neutral sugar contents of CDTA-soluble material (CSM) extracted from cell wall materials of ‘Tsugaru’ apple fruits during ambient storage

Storage periods (weeks)	Non-cellulosic neutral sugars (10 mg-CSM)					
	Rha ^{a)}	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc
	(mol%)					
At harvest	2.29	31.73	3.13	0.16	30.46	32.40
1	1.88	32.79	1.22	0.90	26.47	37.64
2	1.17	42.97	1.00	0.90	29.32	19.54
3	6.59	41.92	5.99	0.62	27.55	17.96
4	4.75	23.89	5.12	0.58	24.54	31.70

^{a)}Same as Table 3.

Table 5. Changes in non-cellulosic neutral sugar contents of Na₂CO₃-soluble material (SSM) extracted from cell wall materials of ‘Tsugaru’ apple fruits during ambient storage

Storage periods (weeks)	Non-cellulosic neutral sugars (10 mg-SSM)					
	Rha ^{a)}	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc
	(mol%)					
At harvest	3.07	45.46	2.97	1.26	38.38	10.12
1	3.36	47.66	2.96	0.90	35.54	10.48
2	5.62	61.20	6.34	0.90	23.94	2.89
3	7.37	63.33	8.36	0.43	17.95	2.99
4	6.92	48.69	13.27	0.42	18.10	3.03

^{a)}Same as Table 3.

를 세포벽으로부터 유리시키는 역할을 하는 세포벽분해효소인 β -galactosidase의 역할이 가장 큰 것으로 생각이 되었다. Kang 등[15]은 감 과실이 연화가 진행되면서 세포벽분해효소들 중 β -galactosidase의 활성이 현저히 증가되어 과실의 연화에 직접적인 역할을 하는 것으로 추정하고 있다.

8 M KOH 가용성 물질은 주로 hemicellulose로부터 유래하는 것으로 알려져 있다[24]. 과실 연화단계별로 이 분획에 존재하는 중성당의 변화를 보면(Table 6), 주요 구성당은 xylose와 glucose로 이루어져 있으며, xylose 함량은 과실의 연화가 진행되면서 증가하는 현상을 보였고, glucose의 함량은 감소하는 경향을 보였다.

8 M KOH로서 추출하고 남은 불용성 물질에서의 중성당 변화를 보면(Table 7), 주요 구성당은 50% 이상이 glucose로 이루어져 있었다. 그리고 다른 중성당들은 과실의 연화가 진행되면서 다소 증가하는 경향을 보였으나, galactose와 glucose는 감소하는 경향을 보였다. 지금까지 많은 종류의 과실에서는 성숙 및 연화동안에 세포벽성분인 pectic polymers의 가용화가 증가하고 불용성펙틴은 감소하게 되며 또한, 펙틴을 구성하는 중성당 중에는 arabinose와 galactose의 감소가

Table 6. Changes in non-cellulosic neutral sugar contents of 8 M KOH-soluble material (KSM) extracted from cell wall materials of 'Tsugaru' apple fruits during ambient storage

Storage periods (weeks)	Non-cellulosic neutral sugars (10 mg-KSM)					
	Rha ^{a)}	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc
	(mol%)					
At harvest	0.18	5.76	27.12	4.97	13.42	48.57
1	0.29	6.04	28.50	5.26	11.95	47.96
2	0.78	9.99	31.13	4.89	14.82	38.39
3	0.58	9.47	32.58	7.26	15.59	34.57
4	0.42	9.74	33.25	8.55	16.15	31.89

^{a)}Same as Table 3.

Table 7. Changes in non-cellulosic neutral sugar contents of insoluble material (ISM) extracted from cell wall materials of 'Tsugaru' apple fruits during ambient storage

Storage periods (weeks)	Non-cellulosic neutral sugars (10 mg-ISM)					
	Rha ^{a)}	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc
	(mol%)					
At harvest	1.02	5.84	9.84	1.49	13.81	67.99
1	1.07	5.68	15.73	1.68	13.61	62.24
2	1.91	7.47	19.34	3.76	11.69	55.82
3	3.02	9.74	20.79	3.18	10.72	52.54
4	3.90	10.29	22.77	3.97	8.62	50.46

^{a)}Same as Table 3.

현저한 것으로 보고하여 과실의 연화는 펙틴의 가용화 및 분해에 주로 기인하는 것으로 알려져 왔다[13,18]. 본 실험 결과에서는 '쓰가루' 사과 연화과정에서 세포벽 성분 중 펙틴을 구성하는 중성당인 galactose가 현저한 감소를 보이고 있고, hemicellulose를 구성하는 중성당인 xylose는 증가하는 것으로 보아 '쓰가루' 과실의 연화에는 펙틴의 분해가 주원인으로 작용하고 hemicellulose의 분해는 그 영향이 미미한 것으로 생각이 된다.

세포벽 가용성 물질의 가용화와 분해

저장기간에 따라 '쓰가루' 사과의 세포벽물질로부터 분획한 water 가용성인 물질을 Sepharose CL-2B를 이용하여 gel permeation chromatography (GPC)한 후 uronic acid polymers (UAP)와 carbohydrate polymers (CP)의 가용화와 분해 정도를 조사하였다(Fig. 1). 수확시에는(Fig. 1. A) UAP의 분자량이 2,000~515 kDa 사이에 분포하고 있어 고분자 polymer로 구성된 하나의 큰 peak가 나타났으나, 과실의 연화가 진행되면서 UAP의 분해가 일어났고 저장 4주후에는(Fig. 1. E) UAP의 분자량이 40 kDa으로 하나의 peak를 보여 저분자화되어 펙틴 polymer들의 크기가 현저히 감소하였음을 알 수 있었다. 그리고 CP도 과실의 연화가 많이 진행된 저장 4주후에는(Fig. 1. E) 분자량이 40 kDa으로 하나의 peak를 보여 저분자화되어 UAP와 동일한 경향을 나타내었다. 감[7,8]과 키위[19] 과실에서도 세포벽으로부터 펙틴물질을 GPC한 결과 성숙·연화가 진행되면서 고분자의 펙틴 polymer들이 저분자화되었고, 양적으로도 감소하는 경향을 보였고, 중성당 polymer들의 분해도 일어났다고 하였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 '쓰가루' 과실은 저장기간이 길어질 수록 고분자 polymer들이 저분자화된 것은 펙틴의 축쇄사슬이 가수분해됨으로서 과실의 연화가 진행되었음을 추정할 수 있었다.

이상의 결과들을 종합해 볼 때 '쓰가루' 과실의 연화과정은 세포벽 물질의 가용화 및 가수분해와 밀접한 연관이 있으며 세포벽물질 중에서 비섬유성 중성당의 현저한 변화로 일어남을 알 수 있었다. 특히 세포벽을 구성하고 있는 galactan이나 arabinogalactan으로부터 galactose와 arabinose의 함량 증감 현상이 뚜렷한 것은 이들을 분해시키는 세포벽분해효소인 β -galactosidase와 이 효소의 활성을 증가시키는 에틸렌의 역할이 가장 큰 것[16,18]으로 추정이 되었다. 따라서 '쓰가루' 과실의 연화를 지연시키기 위해서는 에틸렌 발생과 β -galactosidase의 활성을 억제시키는 것이 중요하다고 생각된다.

요 약

'쓰가루' 사과의 연화동안에 일어나는 세포벽 성분의 변화와 펙틴 및 중성당류의 가용화와 분해 정도를 조사하였다. 과실의 연화단계별로 펙틴다당류들을 종류수, 0.05 M CDTA,

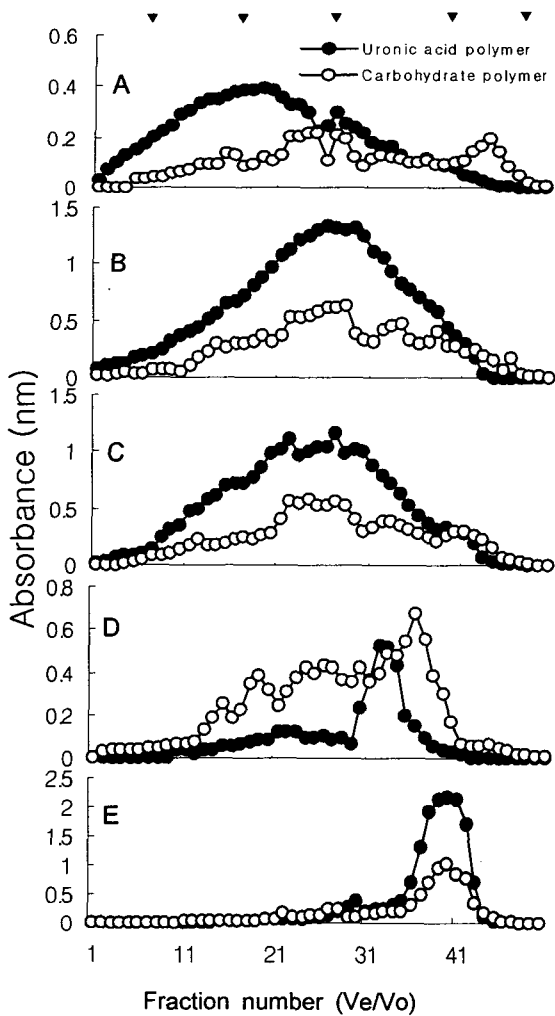


Fig. 1. Gel permeation profiles of water-soluble fractions at different stages in 'Tsgaru' apples during ambient storage on Sepharose CL-2B. Column fractions were assayed for total carbohydrate using the phenol-sulfuric acid method (A490 nm) and for polyuronide using carbazole method (A530 nm). A, at harvest; B, after 1 week; C, 2 weeks; D, 3 weeks; E, 4 weeks. Arrows at the top of the figure represent the elution positions (from left to right) of blue dextran 2,000, 515, 73, 40 and 10 kDa.

0.05 M Na₂CO₃, 8 M KOH를 이용하여 분획하였다. Uronic acid (UA) 함량은 과실의 연화가 진행되면서 증류수 가용성 분획에서는 저장 4주후에 급격히 증가하였다. 각 분획별 비섭유성 중성당의 종류를 보면 증류수, 0.05 M CDTA 및 0.05 M Na₂CO₃ 가용성분획에서의 주요 구성당은 galactose와 arabinose였으며, 8 M KOH 가용성분획에서는 glucose, galactose 및 xylose였다. 특히 증류수 가용성 분획에서 과실의 연화가 진행되면서 galactose의 함량이 증가되었다. 그리고 증류수 가용성인 물질을 Sepharose CL-2B를 이용하여 uronic acid polymers (UAP)와 carbohydrate polymers (CP)를

분획한 결과를 보면 고분자의 UAP 및 CP가 수확후 과실의 연화가 진행될수록 저분자화 되었다. 고분자 중합물의 양은 과실이 연화됨에 따라 감소하였다.

감사의 글

이 논문은 2005년도 경북대학교 학술진흥연구비에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

1. Bartley, I. M. 1977. A further study of β -galactosidase activity in apples ripening in storage. *J. Exp. Bot.* **28**, 943-948.
2. Ben-Aire R., L. Sonego and C. Frenkel. 1979. Changes in pectic substances in ripening pears. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **104**, 500-505.
3. Bitter, T. and H. M. Muir. 1962. A modified uronic acid carbazole reaction. *Anal. Biochem.* **4**, 330-334.
4. Blakeney, A. B., P. J. Harris, R.T. Henry, and B. A. Stone. 1983. A simple and rapid preparation of alditol acetates for monosaccharide analysis. *Carbohydr. Res.* **113**, 291-299.
5. Brady, C. J. 1987. Fruit ripening. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **38**, 155-178.
6. Chun, J. P. 1995. Changes in cell wall components during ripening and softening in apple fruits. *Ph.D dissertation. Chungnam National University Graduate School, Daejeon, Korea.*
7. Cutillas-Iturralde A., I. Zarra, and E. P. Lorences. 1993. Metabolism of cell wall polysaccharides from persimmon fruit. Pectin solubilization during fruit ripening occurs in apparent absence of polygalacturonase activity. *Physiol. Plant* **89**, 369-375.
8. Cutillas-Iturralde A., I. Zarra, C. F. Stephan, and E. P. Lorences. 1994. Implication of persimmon fruit hemicellulose metabolism in the softening process. Importance of xyloglucan endotransglycosylase. *Physiol. Plant* **91**, 169-176.
9. Dubois M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* **28**, 350-356.
10. Giovannoni, J. J., D. Della Penna, A. B. Bennett, and R. L. Fisher. 1989. Expression of a chimeric polygalacturonase gene in transgenic rin (ripening inhibitor) tomato fruit results in polyuronide degradation but no fruit softening. *Plant Cell* **1**, 53-63.
11. Gross, K. C., and S. J. Wallner. 1979. Degradation of cell wall polysaccharides during tomato fruit ripening. *Plant Physiol.* **63**, 117-120.
12. Gross, K. C. 1984. Fractionation and partial characterization of cell walls from normal and non-ripening mutant tomato fruit. *Physiol. Plant* **62**, 25-32.
13. Gross, K. C. and C. E. Sams. 1984. Changes in cell wall

- neutral sugar composition during fruit ripening: a species survey. *Phytochem.* **23**, 2457-2461.
14. Huber, D. J. 1983. The role of cell wall hydrolases in fruit softening. *Hort. Rev.* **5**, 169-219.
 15. Kang, I. K., K. H. Chang, and J. K. Byun. 1998. Changes in activities of cell wall hydrolases during ripening and softening in persimmon fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* **39**, 55-59.
 16. Kim, J. K., K. C. Gross, and T. Solomos. 1987. Characterization of the stimulation of ethylene production by galactose in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. *Plant Physiol.* **85**, 804-807.
 17. Knee, M. 1978. Properties of polygalacturonase and cell cohesion in apple fruit cortical tissue. *Phytochem.* **17**, 1257-1260.
 18. Redgwell, R. J., L. D. Melton, and D. J. Brasch. 1990. Cell wall changes in kiwifruit following postharvest ethylene treatment. *Phytochem.* **29**, 399-407.
 19. Redgwell, R. J. 1991. Cell wall polysaccharides of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*): effect of ripening on the structural features of cell wall materials. *Carbohydrate Res.* **209**, 191-202.
 20. Shewfelt, A. L., V. A. Payter, and J. J. Jen. 1971. Textural changes and molecular characteristics of pectin constituent in ripening peaches. *J. Food Sci.* **36**, 573-575.
 21. Shin, S. R. 1989. Changes in the cell wall components, enzyme activities, protein and structure of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.) during softening. *Ph.D dissertation. Yeungnam University Graduate School, Daegu, Korea.*
 22. Smith, C. J. S., C. F. Watson, J. Ray, C. R. Bird, P. C. Morris, W. Schuch, and D. Grierson. 1988. Antisense RNA inhibition of polygalacturonase gene expression in transgenic tomatoes. *Nature* **334**, 724-726.
 23. Tucker, G. A. and D. Grierson. 1987. Fruit ripening. pp. 265-318. In: D.D. Davies(ed.). *The biochemistry of plants -A comprehensive treatise-*. Vol. 12, Academic Press.
 24. Yamaki, S., Y. Machida, and N. Kakiuchi. 1979. Changes in cell wall polysaccharides and monosaccharides during development and ripening of Japanese pear fruit. *Plant Cell Physiol.* **20**, 311-321.